昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, March 2008, 51(3):264 - 268　　ISSN 0454-6296

人工饲养条件下眼斑芫菁不同发育阶段斑蝥素含量的变化

汪会荣,王中康,陈　阶,杨迎武,曹月青,夏玉先,殷幼平[*]

(重庆大学生物工程学院,重庆市基因功能与调控重点实验室,重庆　400044)

摘要:【目的】分析人工饲养条件下眼斑芫菁 *Mylabris cichorii* Linnaeus 不同发育阶段体内斑蝥素含量的变化。【方法】收集不同发育阶段的眼斑芫菁,通过热碱浸提法提取斑蝥素,而后以气相色谱法检测含量。【结果】在幼虫期,1 龄幼虫斑蝥素相对含量最高,2 龄幼虫斑蝥素相对含量降到最低点;以后随着虫体的发育,幼虫体重和斑蝥素含量都逐渐增加。羽化后的成虫经隔离饲养,雄虫在羽化后 5 ~ 30 天大量合成斑蝥素,而雌虫体内斑蝥素含量则极低,具有典型的性二型现象;雌雄混合饲养组中,20 ~ 30 天雌虫体内可以检测到大量斑蝥素,而同期雄虫斑蝥素含量远低于隔离饲养组。【结论】幼虫期斑蝥素含量随虫体发育而增加;成虫期主要由雄虫合成斑蝥素。混合饲养组成虫平均单头斑蝥素含量高于隔离饲养组雌雄虫平均斑蝥素含量。成虫身体各部位的斑蝥素含量以腹部最高,胸部次之。

关键词:眼斑芫菁;斑蝥素;性二型;人工饲养

中图分类号:Q965　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:0454-6296(2008)03-0264-05

Changes of cantharidin content in *Mylabris cichorii* Linnaeus (Coleoptera: Meloidae) at different developmental stages under laboratory conditions

WANG Hui-Rong, WANG Zhong-Kang, CHEN Jie, YANG Ying-Wu, CAO Yue-Qing, XIA Yu-Xian, YIN You-Ping[*] (Key Laboratory of Gene Function and Regulation of Chongqing, College of Bioengineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract:【Objective】To analyze changes on the level of cantharidin at different life stages in telini fly *Mylabris cichorii* Linnaeus artificially reared under laboratory conditions.【Methods】Cantharidin was extracted respectively from different life stages and different parts of adult body of the beetle by hot alkali extraction and detected with gas chromatogram.【Results】During the first five instars, larvae accumulated cantharidin as they grew and developed. Adult beetles kept sex-segregated exhibited a pronounced sexual dimorphism in cantharidin biosynthesis. The male produced a great deal of toxin in 5 – 30 days after emergence, while in the female very low level of cantharidin was detected. Much higher canthardin level, however, was detected from female beetle in sex-mixed rearing group in 25 days after emergence.【Conclusion】Larvae accumulate cantharidin as they grow and develop. Adult beetles exhibit a pronounced sexual dimorphism in cantharidin biosynthesis, but total content of cantharidin produced by sex-mixed rearing group is much higher than that by sex-segregated rearing group. The highest cantharidin level presents in abdominal part of adults and lower level in thoracic part.

Key words: *Mylabris cichorii*; cantharidin; sexual dimorphism; artificial rearing

眼斑芫菁 *Mylabris cichorii* Linnaeus 又名黄黑小斑蝥,属昆虫纲鞘翅目芫菁科,一般把它和大斑芫菁 *M. phalerata* Pallas (又称南方大斑蝥)统称为斑蝥。该虫为《药典》(2000)中收录的动物药,其气味辛、寒,有大毒。在野外眼斑芫菁一年仅发生 1 代,以卵越冬,幼虫期有 6 个发育阶段,分别为 1 龄衣鱼型幼

作者简介:汪会荣,女,1984 年 11 月生,甘肃庆阳人,硕士研究生,从事昆虫生理学研究,E-mail:zilch-1108@163.com

[*] **通讯作者** Author for correspondence, E-mail:ypy128@sina.com

收稿日期 Received:2007-08-28;**接受日期** Accepted:2007-12-07

虫，2、3 龄蛴螬型幼虫，4、5 龄坚皮幼虫及最后的蛹阶段；幼虫食性专一，取食蝗虫卵，又为有效的天敌资源（张志勇和袁锋，1996）。传统上斑蝥具有重要药用价值，近年来由于其抗癌功能以及其他药用价值的不断被发现，收购价格上升，滥捕滥捉严重，加之环境的改变，导致其野生资源匮乏，人工养殖开发已成为必然趋势。

关于芫菁科其他昆虫体内斑蝥素含量已有不少研究。Carrel 等（1993）报道豆芫菁 *Epicauta funebris* 一生中体内均含斑蝥素，隔离饲养 60～90 天的雌雄虫在斑蝥素含量上表现出明显的性二型。Sierra 等（1976）用放射性同位素标记实验证明了交配时 *Lytta vesicatoria* 雄虫合成的大部分斑蝥素传递给雌虫。McCormick 和 Carrel（1987）发现，*Lytta polita* 雌虫不合成斑蝥素，但可通过交配从雄虫体内获取斑蝥素。传给雌虫的斑蝥素最后聚集在卵中，用以保护产在土中的卵块不受天敌伤害。这在 *Neopyrochroa flabellata*（Eisner *et al*.，1996）和细纹豆芫菁 *E. mannerheimi* 中也得到证实（杨兆芬等，2001）。红头豆芫菁 *E. ruficeps* Illiger 的卵中，斑蝥素含量高达卵干重的 0.95%（杨兆芬和丁在富，1995）。张志勇和李定旭（2005）对隔离饲养的中华豆芫菁 *E. chinensis* Lap. 成虫分析结果表明，雄虫斑蝥素的含量显著高于雌虫；体内斑蝥素的含量以腹部最高。方宇凌等（2001）研究了除眼斑芫菁之外的 9 种芫菁后得出雌性成虫交尾后可以增加斑蝥素含量。但以上工作基本都是检测的成虫斑蝥素含量，很少有幼虫期斑蝥素含量的相关研究。

在实验室成功驯化饲养野外采集眼斑芫菁的基础上（一年可繁殖 3 代），我们研究了眼斑芫菁天然饲料实验室饲养条件下不同发育阶段斑蝥素含量的变化，补充了药典收录的眼斑芫菁各生活阶段斑蝥素含量研究的空白，也为进一步探索昆虫体内斑蝥素合成以及相关影响因素的研究奠定基础；同时还为斑蝥采收以及药材炮制最佳时期和方法的确定提供了依据。

1　材料与方法

1.1　供试材料

眼斑芫菁成虫于 2004 年采自贵州省罗甸县，以东亚飞蝗卵于室内繁殖（在实验室条件下完成其整个生活史）饲养 12 代左右，供试材料均为同一批次昆虫。斑蝥素纯品购自 Sigma。

1.2　方法

1.2.1　幼虫饲养：在直径 5 cm、高 10 cm 的透明养虫塑料杯内添加约 200 g 灭菌土壤（含水量 13% 左右），并放置蝗虫卵块 1 块，将刚孵化的幼虫接入其中，用封口膜封口以保持湿度。温度 30℃ 左右饲养。

1.2.2　成虫饲养：将刚羽化的成虫转移至 1 000 mL 的烧杯中，内装约一半容积的灭菌土壤，用丝瓜花与半人工饲料饲喂。饲养温度控制在 30℃ 左右，土壤含水量保持在 13% 左右。设置雌雄分开及雌雄配对混合共 3 个处理，每个处理有起始成虫 100 头，每隔 5 天取 10 头提取斑蝥素并检测斑蝥素含量。

1.2.3　斑蝥素提取方法：（1）酸提取和碱提取两种方法对比：所用眼斑芫菁为饲养中自然死亡的成虫，60℃ 烘干后粉碎备用。酸提法（Carrel *et al*.，1985；李晓飞等，2007）：称取 0.5 g 虫粉，加入 30 mL 氯仿，2 mL 丙酮，1 mL 盐酸，回流提取 12 h 后，旋转蒸发器蒸干溶液，再加入 2 mL 氯仿，配成粗提液，供检测。碱提法（Ray *et al*.，1979；Capinera *et al*.，1985）：称取 0.5 g 虫粉，加入 0.2 mol/L 的氢氧化钠溶液 30 mL 浸泡 30 min 后，在 80℃ 水浴下振摇提取 3 h，然后在 10 000 r/min 下离心 10 min，取上清液以 4 mol/L 的盐酸调 pH 值至 1.0。将调整 pH 后的上清液加入 10 mL 氯仿萃取，取有机相挥发浓缩，再加入 2 mL 氯仿，配成粗提液以供检测。

（2）不同虫期及成虫不同部位斑蝥素含量分析：采用碱提法，同时参考梅清华等（2005）的超声波方法并加以改进。具体操作如下：取不同龄期的幼虫及不同处理及日龄的成虫，冷冻处死，精确称重后加液氮研磨成细粉，0.2 mol/L 的氢氧化钠溶液浸泡 30 min，经超声波（100 kHz）破碎处理 10 min，80℃ 水浴下浸提 3 h，然后趁热在 10 000 r/min 下离心 10 min，取上清液以 4 mol/L 的盐酸调 pH 值至 1.0。将调整 pH 后的上清液加入 10 mL 氯仿萃取，取有机相挥发浓缩，最后得到白色针状斑蝥素结晶备用。

1.2.4　斑蝥素检测与数据处理：斑蝥素检测在方宇凌等（2001）的方法上改进，采用美国 VARIAN CP-3800 气相色谱仪，FID 检测器。以外标法定量。提取所得斑蝥素样品结晶加 2 mL 氯仿溶解制备样品液，进样量为 1 μL。色谱条件：2.0 m×3.0 mm 柱，1.5% OV-17 填充柱；流速 N_2 30 mL/min，空气 300 mL/min，H_2 30 mL/min；柱温 180℃，FID 检测器温度 240℃。

标准曲线制作（外标法）：精确称取 0.0200 g 斑

蝥素标准样品，加 1 mL 氯仿，充分溶解后依次配制成浓度为 20，15，10，5，1.0 和 0.5 mg/mL 的氯仿溶液，以纯氯仿为对照，每次进样量为 1 μL，记录峰面积，绘制标准曲线。

数据分析采用 DPS 及 SPSS 15.0 软件数据处理系统，显著性分析采用 Duncan 新复极差法。

2　结果与分析

2.1　斑蝥素提取方法的比较

碱提取法和酸提取法两种提取方法比较结果见表 1。表 1 数据显示，两种提取方法相比较，在斑蝥素得率上无显著差异（$P > 0.01$），考虑到碱提取法省时简便，所得产物斑蝥素纯度高且含量与酸提取法相差不大的优点，在测定眼斑芫菁各个生活时期斑蝥素含量的时候均采用了碱提取法。

表 1　斑蝥素提取方法比较

Table 1　Comparison of extraction methods of cantharidin

方法 Method	斑蝥素含量（mg）Content of cantharidin	斑蝥素得率（%）Content of cantharidin（% dry body weight）
酸提取法 Acid extraction	3.046 ± 0.378 A	0.609 ± 0.076 A
碱提取法 Alkali extraction	2.995 ± 0.134 A	0.599 ± 0.026 A

表中数据为平均值 ± *SD*；下同。Data in the table are mean ± *SD*. The same below.

2.2　眼斑芫菁幼虫不同发育阶段斑蝥素的含量

按眼斑芫菁幼虫不同生长时期取样后，用蒸馏水冲洗干净，吸干虫体表面水分后称重，按照 1.2.3 节的方法提取斑蝥素，而后用气相色谱检测斑蝥素含量。由表 2 可看出，卵及 1 龄幼虫体内斑蝥素相对含量较高，2 龄幼虫斑蝥素相对含量急剧下降，但每虫斑蝥素绝对含量从 2 龄开始随着生长发育而显著增加，至 5 龄达到最高含量，蛹期其斑蝥素含量进一步增加。

表 2　眼斑芫菁不同发育阶段体内斑蝥素含量

Table 2　Level of cantharidin at different developmental stages of *Mylabris cichorii*

发育阶段 Developmental stage	斑蝥素含量（%）Content of cantharidin（% fresh body weight）	斑蝥素含量（mg/头）Content of cantharidin（mg/larva）
卵 Egg	0.455 ± 0.016 a	0.002 ± 0.000 d
1 龄幼虫 1st instar	0.484 ± 0.025 a	0.002 ± 0.001 d
2 龄幼虫 2nd instar	0.004 ± 0.002 e	0.002 ± 0.001 d
3 龄幼虫 3rd instar	0.026 ± 0.005 de	0.043 ± 0.008 cd
4 龄幼虫 4th instar	0.059 ± 0.002 d	0.117 ± 0.005 c
5 龄幼虫 5th instar	0.204 ± 0.014 c	0.270 ± 0.019 b
蛹 Pupa	0.285 ± 0.039 b	0.619 ± 0.084 a

2.3　雌雄成虫斑蝥素合成量比较

刚羽化的斑蝥成虫，分为 3 组，即雌虫组、雄虫组和雌雄混合饲养组，保持同样的饲养条件，每隔 5 天取样检测其体内斑蝥素含量。由表 3 可知，雌雄隔离饲养的眼斑芫菁雌虫基本不合成斑蝥素，而雄虫斑蝥素合成量可最高达到虫体鲜重的 1.098%（30 日龄）雌雄混合饲养的雌虫在 20 日龄以内，其斑蝥素与隔离饲养的没有显著差异，但 25 日后检测，雌虫体内斑蝥素含量急剧上升，几乎达到隔离饲养雄虫的斑蝥素水平，而此时的雄虫体内斑蝥素增加值却不大，其 30 日龄的总斑蝥素含量仅为隔离饲养条件下雄虫的 67.6%。从表中还可以看出，混合饲养雌雄平均单头虫斑蝥素最高含量为 0.898%，而隔离饲养的仅为 0.581%，混合饲养的平均斑蝥素合成量远远高于分开饲养的单头虫斑蝥素合成量。

表 3　眼斑芫菁成虫不同生长时期斑蝥素含量

Table 3　Level of cantharidin in adults of *Mylabris cichorii* at different ages

日龄 Days after emergence	隔离饲养斑蝥素含量（%）Cantharidin level in separated rearing group			混合饲养斑蝥素含量（%）Cantharidin level in mixed rearing group		
	雄虫 Male	雌虫 Female	平均值 Mean	雄虫 Male	雌虫 Female	平均值 Mean
0	0.114 ± 0.001 f	0.097 ± 0.001 g	0.106 ± 0.009 b	0.114 ± 0.001 h	0.097 ± 0.002 i	0.106 ± 0.009 b
5	0.115 ± 0.001 f	0.114 ± 0.003 f	0.115 ± 0.002 b	0.115 ± 0.002 h	0.114 ± 0.003 h	0.115 ± 0.002 b
10	0.237 ± 0.028 e	0.119 ± 0.005 f	0.178 ± 0.067 b	0.195 ± 0.002 g	0.076 ± 0.002 j	0.135 ± 0.065 b
15	0.336 ± 0.002 d	0.089 ± 0.005 g	0.212 ± 0.136 ab	0.434 ± 0.003 f	0.056 ± 0.001 k	0.245 ± 0.207 b
20	0.486 ± 0.005 c	0.058 ± 0.001 h	0.272 ± 0.234 ab	0.485 ± 0.005 e	0.059 ± 0.001 k	0.272 ± 0.233 b
25	0.942 ± 0.002 b	0.048 ± 0.001 i	0.495 ± 0.490 ab	0.527 ± 0.001 d	0.910 ± 0.001 b	0.719 ± 0.209 a
30	1.098 ± 0.003 a	0.064 ± 0.001 h	0.581 ± 0.567 a	0.742 ± 0.003 c	1.055 ± 0.005 a	0.898 ± 0.172 a

2.4　斑蝥素在眼斑芫菁躯体各部位的分布

正常死亡的眼斑芫菁成虫置 60℃ 烘箱干燥。取 10 头，剪下头、足、翅、胸及腹部，分别研磨成细粉后提取斑蝥素，并定量检测（群体测定值）。从表 4

可以看出，眼斑芫菁成虫体内，斑蝥素含量以腹部最高，占体重的 1.765%，在全虫总斑蝥素中占了 63.839%；胸部次之，斑蝥素含量占体重的 0.581%，占全虫斑蝥素总量的 26.197%；二者相加，其斑蝥素含量占了全虫斑蝥素的 90% 以上。而附肢（鞘翅和足）斑蝥素相对含量及绝对含量都很低。

表 4　斑蝥素在眼斑芫菁成虫体内的分布

Table 4　Distribution of cantharidin in different parts of body of *Mylabris cichorii* adult

体躯部位 Part	斑蝥素含量（%）Content of canthardin（% dry body weight）	斑蝥素分布量（%）Distribution of canthardin
头部 Head	0.251 ± 0.041 c	4.483
足部 Legs	0.170 ± 0.001 d	2.648
鞘翅 Elytra	0.167 ± 0.004 e	2.893
腹部 Abdomen	1.765 ± 0.094 a	63.839
胸部 Thorax	0.581 ± 0.067 b	26.197

3　讨论

关于斑蝥素的提取方法，已报道的有酸提取、碱提取、有机溶剂提取、超声波处理等。《药典》中利用有机溶剂直接提取，得到的是游离斑蝥素的含量，而斑蝥素在虫体内的存在有游离态和结合态两种形式，对于结合态存在的斑蝥素，需要先从组织中释放出来而后提取，现已证明用酸水解方法处理后可以获得芫菁虫体内的全部斑蝥素（李晓飞等，2007；Nikbakhtzadeh *et al*.，2007），只是与碱提取法相比操作较复杂和费时而已。在本研究中，两种提取方法所得斑蝥素产率并无显著差异，同时碱提取法所得斑蝥素纯度较高，所以采用了碱提取法研究不同虫态及虫期眼斑芫菁斑蝥素的含量。另外，在提取时辅以 100 kHz 超声处理 10 min 能更好地破碎新鲜虫体组织，使组织中的斑蝥素尽可能被释放而提高斑蝥素得率。提取并检测自然死亡后及活的眼斑芫菁成虫的斑蝥素含量，结果显示，眼斑芫菁活成虫体内的斑蝥素远高于自然死亡的成虫。因此，在检测斑蝥素含量的时候不能忽视成虫采集时间的问题，同时在提取和炮制过程中还应尽可能选择新鲜的，即体色鲜艳、完整的昆虫，以期获得更多的有效成分。

本研究结果显示，眼斑芫菁的卵及初孵幼虫斑蝥素水平相对较高，其斑蝥素含量接近新鲜体重的 0.5%，这可能是它们保留了母体传递而来的用以保护其免受天敌伤害的斑蝥素（Carrel *et al*.，1985）。以后随着幼虫的取食和生长发育，各个龄期的幼虫体内斑蝥素相对含量及绝对含量都显著增加，说明幼虫可自身合成斑蝥素。研究还发现在已停止进食且发育历期较长的 5 龄幼虫及蛹期，眼斑芫菁的斑蝥素含量仍在增加。

两性隔离饲养条件下的眼斑芫菁成虫，在饲养约 10 天后，雄虫开始大量合成斑蝥素，20 ~ 25 日龄是雄虫斑蝥素合成的高峰时期，5 天时间内斑蝥素含量增加近 50%。隔离饲养的雌虫羽化后，其斑蝥素含量一直保持相当低的水平，即在整个饲养期内几乎不合成斑蝥素。混合饲养条件下的雌虫在饲养的前 20 天内体内斑蝥素含量与隔离饲养的基本一致，但到 25 天时斑蝥素含量突然大幅度增加，而此时雄虫的斑蝥素增加量相对于隔离饲养组却有所减少。由此可以认为：雌虫体内大量增加的斑蝥素至少很大部分是来源于与其交配的雄虫，这与文献报道的基本一致（Eisner *et al*.，1996）。令人感兴趣的是，雄虫通过交配将合成的斑蝥素转移到雌虫体内后，其体内斑蝥素水平降低量与雌虫体内斑蝥素增加量并不一致，表现为雌雄混合饲养单虫平均斑蝥素含量远远高于隔离饲养的现象。推测其可能的原因：（1）交配作用不但使雌虫从雄虫获得斑蝥素，还可能促进眼斑芫菁雌虫自身合成部分斑蝥素；（2）眼斑芫菁雄虫通过交配作用促进其自身合成斑蝥素，使其在交配时将斑蝥素转移给雌虫后体内斑蝥素仍然保持较高水平。具体的原因还需要进一步研究。

雌雄隔离和混合饲养的检测结果均显示出，眼斑芫菁成虫斑蝥素的合成与性成熟密切相关。成虫初羽化时体内斑蝥素含量很低，随着性成熟而逐渐增加。这与前人对豆芫菁的研究结果不一致（Carrel *et al*.，1993）。而且斑蝥素从雄虫到雌虫的转移可以看出，眼斑芫菁的交配大多发生在 20 ~ 25 日龄（交配前期为 20 天左右），而这正是眼斑芫菁雄成虫合成斑蝥素最多的时期，5 天中，雄虫斑蝥素含量增加近 1 倍。

一般认为，芫菁科昆虫的斑蝥素主要功能是作为一种防御物质，防止天敌对种群的伤害。但是从眼斑芫菁整个生育期斑蝥素含量变化情况看，其幼期的斑蝥素含量随生长而增加，到蛹期达到高峰；初羽化成虫斑蝥素水平很低，以后随性发育成熟而增加，到交配期达到另一个更高的高峰，这种滴度变化与其防御的需要并不完全一致。斑蝥素除了防御功能以外，还有没有其他的生理功能，这值得探讨。

参考文献（References）

Capinera JL，Gardner DR，Stermitz FR，1985. Cantharidin levels in blister

beetles （Coleoptera：Meloidae） associated with alfalfa in Colorado. *J. Econ. Entomol.*，5（10）：1 052 – 1 055.

Carrel JE，Doom JP，McCormick JP，1985. Quantitative determination of cantharidin in biological materials using capillary gas chromatography with flame ionization detection. *J. Chromatography*，342：411 – 415.

Carrel JE，McCairel MH，Slagle AJ，Doom JP，Brill J，McCormick JP，1993. Cantharidin production in a blister beetle. *Experientia*，49：171 – 174.

China Pharmacopoeia Committee，2000. China Pharmacopoeia. Vol. Ⅰ. Beijing Chemical Industry Press，Beijing. 272. [**中华人民共和国卫生部药典委员会**，2000. **中华人民共和国药典**. **第**Ⅰ**部**. **北京：北京化学工业出版社**. 272]

Eisner T，Smedley SR，Young DK，Eisner M，Roach B，Meinwald J，1996. Chemical basis of courtship in a beetle （*Neopyrochroa flabellate*）：cantharidin as"nuptial gift". *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*，93（13）：6 499 – 6 503.

Fang YL，Tan JJ，Ma WZ，Liu JP，Liu X，2001. The natural resource and content of cantharidin in the adult of meloids in China. *Acta Entomol. Sin.*，44（2）：192 – 196. [**方宇凌，谭娟杰，马文珍，刘举鹏，刘恂**，2001. **芫菁科不同种类成虫体内斑蝥素的含量**. **昆虫学报**，44（2）：192 – 196]

Li XF，Chen XS，Wang XM，Hou XH，2007. Contents and existing forms of cantharidin in Meloidae （Coleoptera）. *Acta Entomol. Sin.*，50（7）：750 – 754. [**李晓飞，陈祥盛，王雪梅，侯晓晖**，2007. **芫菁体内斑蝥素的含量及存在形式**. **昆虫学报**，50（7）：750 – 754]

Nikbakhtzadeh MR，Dettner K，Boland W，Gäde G，Dötterl S，2007. Intraspecific transfer of cantharidin within selected members of the family Meloidae （Insecta：Coleoptera）. *J. Insect Physiol.*，53：890 – 899.

McCormick JP，Carrel JE，1987. Cantharidin biosynthesis and function in meloid beetles. In：Prestwich GD，Biomquist GJ eds. Pheromone Biochemistry. Academic Press，Orlando. 307 – 350.

Mei QH，Li SH，Li HZ，2005. Study on the ultrasonic extraction technology of catharidin. *Chin. Hosp. Pharm. J.*，25（3）：204 – 206. [**梅清华，励石寒，李华忠**，2005. **斑蝥素超声波提取工艺研究**. **中国医院药学杂志**，25（3）：204 – 206]

Ray AC，Tamulinas SH，Reagor JC，1979. High pressure liquid chromatographic determination of cantharidin，using a dervatization method in specimens from animals acutely poisoned by ingestion of blister beetles，*Epicauta lemniscata*. *Am. J. Vet. Res.*，40（4）：498 – 504.

Sierra JR，Woggon WD，Schmid H，1976. Transfer of cantharidin during copulation from the adult male to the female *Lytta vesicatoria* （Spanish flies）. *Experientia*，32（9）：142 – 143.

Yang ZF，Ding ZF，1995. Study on contents of cantharidin in *Epicauta ruficeps* Illiger. *Zool. Res.*，16（2）：161 – 165. [**杨兆芬，丁在富**，1995. **红头豆芫菁成虫芫菁素含量的研究**. **动物学研究**，16（2）：161 – 165]

Yang ZF，Xu YQ，Wu CS，Wang FF，2001. Transference of cantharidin in adult body and between mates of *Epicauta mannerheimi* Makl. *Entomological Knowledge*，38（2）：133 – 136. [**杨兆芬，许友勤，吴春山，王菲风**，2001. **斑蝥素在细纹豆芫菁成虫体内的变化和配偶间的运转**. **昆虫知识**，38（2）：133 – 136]

Zhang ZY，Li DX，2005. Study on the medical value of *Epicauta chinensis* Lap. *Journal of Beijing Agricultural College*，20（1）：34 – 37. [**张志勇，李定旭**，2005. **中华豆芫菁成虫的药用资源价值研究**. **北京农学院学报**，20（1）：34 – 37]

Zhang ZY，Yuan F，1996. Review on the research of cantharidin resource and its utilization. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*，5（4）：89 – 92. [**张志勇，袁锋**，1996. **斑蝥素资源及其利用的研究进展**. **西北农业学报**，5（4）：89 – 92]

（责任编辑：黄玲巧）